

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-181567

(43)Date of publication of application : 06.07.1999

(51)Int.Cl.

C23C 16/42

C23C 16/04

C30B 29/36

H01L 21/205

(21)Application number : 09-365323

(71)Applicant : HOYA CORP

(22)Date of filing : 19.12.1997

(72)Inventor : NAGASAWA HIROYUKI
YAGI KUNIAKI

(54) PRODUCTION OF SILICON CARBIDE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method for producing silicon carbide capable of securely realizing the reduction or elimination of a reverse phase region boundary face.

SOLUTION: This is a method for producing silicon carbide in which the surface of a substrate for growing silicon carbide is provided with a mask layer inhibiting the growth of silicon carbide, the mask layer is provided with one or more opening parts, the substrate surface is exposed, and the growth of silicon carbide is executed, and the growth of silicon carbide is executed provided that the height of the opening parts is regulated to $\sqrt{2}(=2^{1/2})$ times the width (w) of the opening parts and is also to the thickness of silicon carbide to be formed or above.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

22.04.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-181567

(43) 公開日 平成11年(1999) 7月6日

(51) Int.Cl.⁸

識別記号

F I

C 2 3 C 16/42

C 2 3 C 16/42

16/04

16/04

C 3 0 B 29/36

C 3 0 B 29/36

A

H 0 1 L 21/205

H 0 1 L 21/205

審査請求 未請求 請求項の数11 F D (全 9 頁)

(21) 出願番号

特願平9-365323

(22) 出願日

平成9年(1997)12月19日

(71) 出願人 000113263

ホーヤ株式会社

東京都新宿区中落合2丁目7番5号

(72) 発明者 長澤 弘幸

東京都新宿区中落合2丁目7番5号 ホーヤ株式会社内

(72) 発明者 八木 邦明

東京都新宿区中落合2丁目7番5号 ホーヤ株式会社内

(74) 代理人 弁理士 藤村 康夫

(54) 【発明の名称】 炭化珪素の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 反位相領域境界面の低減又は消滅を確実に実現できる炭化珪素の製造方法を提供する。

【解決手段】 炭化珪素の成長用基板上に炭化珪素の成長を阻むマスク層を設け、このマスク層に一箇所以上の開口部を設けて基板表面を露出させて炭化珪素の成長を行う炭化珪素の製造方法であって、前記開口部の高さを、開口部の幅 w の $\sqrt{2}$ ($=2^{1/2}$) 倍以上で、かつ、形成する炭化珪素の厚さ以上の高さとして、炭化珪素の成長を行う。

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 炭化珪素の成長用基板上に炭化珪素の成長を阻むマスク層を設け、このマスク層に一箇所以上の開口部を設けて基板表面を露出させて炭化珪素の成長を行う炭化珪素の製造方法であって、

前記開口部の高さを、開口部の幅 w の $\sqrt{2}$ ($=2^{1/2}$) 倍以上で、かつ、形成する炭化珪素の厚さを超える高さとして、炭化珪素の成長を行うことを特徴とする炭化珪素の製造方法。

【請求項2】 前記成長用基板の面方位が立方晶の(100)面に相当し、この面上に炭化珪素をエピタキシャル成長させることを特徴とする請求項1記載の炭化珪素の製造方法。

【請求項3】 マスク層に形成する矩形の開口部のいずれかの辺と、成長用基板の成長面における立方晶の $\langle 110 \rangle$ 方位との交差角度を、 $\pm 15^\circ$ 以内とすることを特徴とする請求項1又は2記載の炭化珪素の製造方法。

【請求項4】 マスク層に形成する矩形の開口部のいずれかの辺と、成長用基板の成長面における立方晶の $\langle 110 \rangle$ 方位との交差角度を、 0° とすることを特徴とする請求項3記載の炭化珪素の製造方法。

【請求項5】 前記炭化珪素の成長レートが、 $0.01 \sim 30 \mu\text{m}/\text{hr}$ であることを特徴とする請求項1乃至4記載の炭化珪素の製造方法。

【請求項6】 前記炭化珪素の断面形状が、台形であることを特徴とする請求項1乃至5記載の炭化珪素の製造方法。

【請求項7】 マスク層に形成する矩形の開口部の長辺が短辺の2倍以上であり、かつ、短辺の長さが $0.05 \mu\text{m}$ から $10 \mu\text{m}$ であることを特徴とする請求項1乃至6記載の炭化珪素の製造方法。

【請求項8】 前記成長用基板の面方位を単結晶Siの(100)面とし、炭化珪素の成長を阻むマスク層を SiO_2 層とすることを特徴とする請求項1乃至7記載の炭化珪素の製造方法。

【請求項9】 エピタキシャル成長させる炭化珪素が立方晶であることを特徴とする請求項1乃至8記載の炭化珪素の製造方法。

【請求項10】 前記炭化珪素は、シラン系化合物ガスと炭化水素ガスを交互に反応炉内へ供給して気相化学堆積(CVD)法で成長させることを特徴とする請求項1乃至9記載の炭化珪素の製造方法。

【請求項11】 請求項1乃至10記載の炭化珪素の製造方法を用いて素子設計に基づいた形状を有する炭化珪素パターンを形成し、この炭化珪素パターン自体を活性領域として用いたことを特徴とする電子素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、電子材料としての炭化珪素単結晶成長技術等に関する。

2

【0002】

【従来の技術】 従来、炭化珪素(SiC)の成長は、昇華法によるバルク成長と、基板上へのエピタキシャル成長による薄膜形成とに分類されてきた。

【0003】 昇華法によるバルク成長では高温相の結晶多形である 6H-SiC 、 4H-SiC の成長が可能であり、かつ、SiC自体の基板作製が実現されてきた。しかしながら、結晶内に導入される欠陥(マイクロパイプ)が多く、かつ基板面積の拡大が困難であった。

【0004】 基板上へのエピタキシャル成長法に関しては、不純物添加の制御性向上や基板面積の拡大、そして昇華法で問題となっていたマイクロパイプの低減が実現される反面、積層欠陥の増大や、SiC成長層に内部応力が発生することが問題となっている。特に、成長用基板としてSiを用いた場合には、SiCとの格子不整合が大きいことから、双晶(Twin)や反位相領域境界面(APB: Anti Phase Boundary)の発生が著しく、これらがSiCの電子素子としての特性を損なわせている。

【0005】 さらに、成長法に関わらず、SiCは化学的、機械的に安定であるため、エッチング加工によって微細パターンを形成して電子素子を得ることが著しく困難であった。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】 SiC膜内の積層欠陥を低減する方法として、成長用基板上に炭化珪素単結晶の成長領域を設け、この成長領域にある厚さ以上の厚さで炭化珪素単結晶を成長させることで、ある厚さ以降の積層欠陥を排除する技術が知られている(特公平6-41400号公報)。ここで、ある厚さとは、成長領域の代表的な寸法(例えば一辺)の $\sqrt{2}$ 倍以上であるとしている。

【0007】 しかしながら、特公平6-41400号公報記載の方法で、実際に炭化珪素単結晶を成長させた場合、反位相領域境界面を効果的に低減できないという問題がある。

【0008】 すなわち、図1に示すように、開口部の高さ t を、開口部の幅 w の $\sqrt{2}$ 倍以上とすると、理論的にはSiCは非成長領域1a上には成長せず想像線2の形状で成長するはずであるが、実際にはSiCは非成長領域1a上にも形成され実線3の形状で成長することを本発明者らは突き止めた。したがって、開口部の高さ t を、開口部の幅 w の $\sqrt{2}$ 倍以上としたとしても、非成長領域上に形成されたSiCから欠陥が派生してしまい、反位相領域境界面を低減できない場合がある。

【0009】 また、実際にはSiCは実線3の形状で成長するため、隣り合う開口部間の間隔に制約があり、隣り合う開口部間の間隔が狭いと成長したSiC同士が成長に伴って結合してしまい、この結合部に新たに反位相領域境界面が形成されてしまい、電気的特性等が損なわ

3

れる。

【0010】さらに、矩形的開口部のいずれかの辺と、成長用基板の成長面における立方晶の $\langle 110 \rangle$ 方位との交差角度を一定範囲内としないと反位相領域境界面を低減できないことを本発明者らは突き止めた。

【0011】また、SiC中に含まれる2種類の反位相領域どうしは、SiCの膜厚増加に対して、互いに直交した方向へと拡大する特性を有しているため、SiCの平面パターン形状及びその配置する結晶方位を考慮しないと、反位相領域境界面を効果的に低減することができ10

ない。さらに、成長したSiC表面に形成される超構造の向きを任意に制御することができない。

【0012】本発明は上述した背景の下になされたものであり、反位相領域境界面の低減又は消滅を確実に実現できる炭化珪素の製造方法等の提供を目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため本発明は、以下の構成としてある。

（構成1）炭化珪素の成長用基板上に炭化珪素の成長を阻むマスク層を設け、このマスク層に一箇以上の開口部を設けて基板表面を露出させて炭化珪素の成長を行う炭化珪素の製造方法であって、前記開口部の高さを、開口部の幅 w の $\sqrt{2}$ （ $=2^{1/2}$ ）倍以上で、かつ、形成する炭化珪素の厚さを超える高さとして、炭化珪素の成長を行うことを特徴とする炭化珪素の製造方法。20

【0014】（構成2）前記成長用基板の面方位が立方晶の（100）面に相当し、この面上に炭化珪素をエピタキシャル成長させることを特徴とする構成1記載の炭化珪素の製造方法。

【0015】（構成3）マスク層に形成する矩形的開口部のいずれかの辺と、成長用基板の成長面における立方晶の $\langle 110 \rangle$ 方位との交差角度を、 $\pm 15^\circ$ 以内とすることを特徴とする構成1又は2記載の炭化珪素の製造方法。30

【0016】（構成4）マスク層に形成する矩形的開口部のいずれかの辺と、成長用基板の成長面における立方晶の $\langle 110 \rangle$ 方位との交差角度を、 0° とすることを特徴とする構成3記載の炭化珪素の製造方法。

【0017】（構成5）前記炭化珪素の成長レートが、 $0.01 \sim 30 \mu\text{m/hr}$ であることを特徴とする構成1乃至4記載の炭化珪素の製造方法。40

【0018】（構成6）前記炭化珪素の断面形状が、台形であることを特徴とする構成1乃至5記載の炭化珪素の製造方法。

【0019】（構成7）マスク層に形成する矩形的開口部の長辺が短辺の2倍以上であり、かつ、短辺の長さが $0.05 \mu\text{m}$ から $10 \mu\text{m}$ であることを特徴とする構成1乃至6記載の炭化珪素の製造方法。

【0020】（構成8）前記成長用基板の面方位を単結晶Siの（100）面とし、炭化珪素の成長を阻むマス50

4

ク層をSiO₂層とすることを特徴とする構成1乃至7記載の炭化珪素の製造方法。

【0021】（構成9）エピタキシャル成長させる炭化珪素が立方晶であることを特徴とする構成1乃至8記載の炭化珪素の製造方法。

【0022】（構成10）前記炭化珪素は、シラン系化合物ガスと炭化水素ガスを交互に反応炉内へ供給して気相化学堆積（CVD）法で成長させることを特徴とする構成1乃至9記載の炭化珪素の製造方法。

【0023】（構成11）構成1乃至10記載の炭化珪素の製造方法を用いて素子設計に基づいた形状を有する炭化珪素パターンを形成し、この炭化珪素パターン自体を活性領域として用いたことを特徴とする電子素子。

【0024】

【作用】

【0025】本発明では成長用基板（下地）とSiCとの界面で発生した面欠陥が、SiCの成長に伴って上層に伝播するにつれ、互いに会合し結合する。また、会合せずにさらに上層へと伝播する面欠陥も、いずれはSiC膜の側壁に到達し、消滅する。パターンの最も端点で発生した面欠陥も、下地が立方晶の（100）面に相当する場合には（111）面として挿入されるため、SiC層の膜厚 t とSiC層の短辺幅 w の関係が $t = \sqrt{2}w$ となった時点でSiC側面に到達して消滅する。ただし、（100）面上には4つの（111）面に等価な面が存在するため、紙面に対して鏡対称な面欠陥も存在している。しかし、本発明では、SiC層の平面パターン形状を矩形としかつ長辺が短辺の2倍以上と規定することで、最終的に長辺方向に拡大する領域のみが最表面を覆い、反位相領域境界面の消滅を確実に実現できるとともに、離散したパターンすべてにわたり反位相領域境界のない単一領域の形成が可能となる。

【0026】上記構成1によれば、開口部の高さを形成する炭化珪素の厚さを超える高さとしているので、反位相領域境界面の低減又は消滅を確実に実現できる。すなわち、開口部の高さを形成する炭化珪素の厚さを超える高さとするので、非成長領域上に形成されるSiCから派生する欠陥を排除し、反位相領域境界面の低減又は消滅を確実に実現できる。また、構成1によれば、隣り合う開口部間の間隔を狭くしても、成長したSiC同士が成長に伴って結合することがない。したがって、開口部間の間隔の制約がなくなり、設計上有利となる。具体的には、開口部間の間隔を $0.05 \mu\text{m}$ 程度にまで狭くでき、設計の自由度が向上し、微細化を達成できる。

【0027】上記構成2によれば、成長用基板の面方位を立方晶の（100）面とすることで他の場合に比べSiCの応力を低減でき、この面上に炭化珪素をエピタキシャル成長させることでSiCの結晶性や電気的特性が向上する。

【0028】上記構成3及び4によれば、マスク層に形

5

成する矩形の開口部のいずれかの辺と、成長用基板の成長面における立方晶の $\langle 110 \rangle$ 方位との交差角度を、 $\pm 15^\circ$ 以内とすることで、反位相領域境界面の低減又は消滅を確実に実現できる。これは、表6に示すように、交差角度が $\pm 15^\circ$ 以内であれば、反位相領域境界面濃度は低く、許容レベル内にあるからである。逆に、交差角度が $\pm 30^\circ$ 、 $\pm 45^\circ$ になるにつれ反位相領域境界面濃度は極端に増大する。特に、マスク層に形成する矩形の開口部のいずれかの辺と、成長用基板の成長面における立方晶の $\langle 110 \rangle$ 方位との交差角度を、 0° とすることで、反位相領域境界面濃度はゼロとなり、反位相領域境界面の消滅を確実に実現できる。また、これらのことを考慮してパターン設計を行うことで、反位相領域境界面の低減又は消滅をすべてのパターンについて確実に実現できる。

【0029】上記構成5によれば、炭化珪素の成長レートを $0.01 \sim 30 \mu\text{m}/\text{hr}$ とすることで、反位相領域境界面濃度を含めた積層欠陥が少なくなる。また、 SiO_2 マスク層上にSiCが形成されにくくなるため、表面形状の悪化が防げるばかりでなく、SiC層の除去工程等の後工程が不要となる。同様の観点から炭化珪素の成長レートは、 $0.02 \sim 10 \mu\text{m}/\text{hr}$ とすることが好ましく、 $0.03 \sim 0.1 \mu\text{m}/\text{hr}$ とすることがより好ましい。

【0030】上記構成6によれば、炭化珪素の断面形状を台形とすることで、耐圧を高め、電圧に対するブレークダウンを回避できるなど、パフォーマンズのよい構造となる。炭化珪素の断面形状を台形とするには、マスク層に形成する開口部の断面形状をテーパ状とすればよい。

【0031】上記構成7では、マスク層に形成する矩形の開口部の長辺を短辺の2倍以上とすることで、上述したように最終的に長辺方向に拡大する領域のみが最表面を覆い、反位相領域境界面の消滅を確実に実現できる。また、短辺の長さを $0.05 \mu\text{m}$ から $10 \mu\text{m}$ とすることで、デバイス製造上実用的なSiC面積となる。

【0032】上記構成8では、成長用基板の面方位を単結晶Siの(100)面とすることで、他の場合に比べSiCの応力を最も低くでき、また、炭化珪素の成長を阻むマスク層を SiO_2 層とすることで、Siを熱酸化して SiO_2 層を形成できるため、工程を簡略化できる。

【0033】上記構成9によれば、エピタキシャル成長させる炭化珪素を立方晶とすることで、面欠陥の低減効果が確実に実現される。

【0034】上記構成10によれば、炭化珪素を、シラン系化合物ガスと炭化水素ガスを交互に反応炉内へ供給して気相化学堆積(CVD)法でエピタキシャル成長させることで、他の場合に比べ結晶性、面内均一性及び表面ホモロジーに優れる。この場合、特にジクロロシラン

6

とアセチレンを用いることで、他のガスを用いた場合に比べ成長温度の低温化、制御性の向上が可能となる。その他に、上記構成10によれば、SiCの選択成長性を助長でき、また、分子吸着の自己制御機構が発現し再現性、均一性が向上し、さらに、より微細なパターン内へのSiC成長が可能となる。

【0035】上記構成11によれば、反位相領域境界面の低減又は消滅を実現した電子素子が得られる。また、SiCの成長パターンを適当な素子設計パターンに相当させることにより、エッチング加工を行うことなく素子製造が実現できる。さらに、SiCと基板との間に応力が発生したとしても、それらの応力はSiCが被覆していない部分にも分散し、望まざる応力値の増大を防ぐことが可能となる。

【0036】

【実施例】以下、実施例に基づき本発明をさらに具体的に説明する。

【0037】実施例1

Si(100)面を成長用基板とし、この表面を熱酸化し、 $3 \mu\text{m}$ の酸化膜(SiO_2 層)を形成した。熱酸化条件を表1に示す。

【0038】

【表1】

酸化方法	水蒸気酸化
バブラー温度	80°C
バブリングガス	酸素
バブリングガス流量	0.5 slm
アルゴン流量	3 slm
圧力	1 atm
酸化温度	1100°C
酸化時間	180分

【0039】熱酸化後に、フォトリソグラフィ技術を用いて熱酸化膜上に短辺 $1.25 \mu\text{m}$ 、長辺 $3 \mu\text{m}$ の矩形開口パターンをレジストにて形成した。ただし、矩形開口パターンの辺は $\langle 110 \rangle$ 方位に平行にした。この後、10%HF溶液にて熱酸化膜の露出部をエッチングし、矩形のSi露出部を形成した。レジストを過酸化水素と硫酸の混合液中で除去した後、SiCの成長を実施した。SiCの成長は、基板表面の炭化工程と、原料ガスの交互供給によるSiC成長工程に分けられる。炭化工程では、アセチレン雰囲気中で上記加工済みの基板を室温から 1050°C まで120分間かけて加熱した。炭化工程の後に、 1050°C にてジクロロシランガスとアセチレンとを交互に基板表面に暴露して、SiCの成長を実施した。炭化工程の詳細を表2に、SiC成長工程の詳細を表3にそれぞれ示す。

【0040】

【表2】

50

7

炭化温度	1050℃
アセチレン導入温度	24℃
アセチレン流量	10 sccm
圧力	20 mTorr
昇温時間	120分

8

【0041】

【表3】

成長温度	1050℃
ガスの供給方法	アセチレンとジクロルシランの交互供給
アセチレン流量	10 sccm
ジクロルシラン流量	10 sccm
各ガス供給のインターバル	5 sec
各ガスの供給時間	10 sec
最大圧力	100 mTorr
最低圧力	10 mTorr
ガス供給サイクル数	10から20000回

【0042】SiC成長工程において、原料ガスの供給サイクル数を変化させることにより、SiCの膜厚を変化させて、反位相領域境界面の濃度を測定したところ、表4に示す結果を得た。なお、反位相領域境界面の濃度は、炭化珪素表面をAFM観察して求めた。この際、炭化珪素の表面を熱酸化処理しさらに熱酸化膜を除去することにより反位相境界を顕在化させたあとに観察を行った。

【0043】

【表4】

膜厚 (μm)	反位相領域境界面濃度 (cm^{-2})
0.01	1×10^6
0.1	2×10^7
0.3	9×10^8
0.5	7×10^4
1.0	2×10^3
1.5	137
2.0	0

【0044】表4から、SiCの膜厚の増加に伴い反位相領域境界面の濃度が減少することがわかる。また、SiCの厚さが短辺の $\sqrt{2}$ 倍である $1.77\mu\text{m}$ 以上になると反位相領域境界面の濃度が完全にゼロになることがわかる。さらに、本発明では、酸化膜(SiO_2 層)厚さを $3\mu\text{m}$ としているので、SiCの厚さを $2\mu\text{m}$ としても、位相領域境界面の濃度は完全にゼロになった。また、SiCの断面形状は矩形であった。さらに、開口間隔を $0.05\mu\text{m}$ としたこと以外は上記と同様にしてSiCの成長を実施したところ、隣り合うSiCどうしが

結合することはなかった。比較のため、酸化膜(SiO_2 層)厚さを $1.5\mu\text{m}$ 又は $1.8\mu\text{m}$ とし、 $2\mu\text{m}$ の高さのSiCを成長させたが、いずれの場合も位相領域境界面の濃度はゼロにならず、断面形状は山状であった。さらに、開口間隔を $0.05\mu\text{m}$ としてSiCの成長を実施したところ、隣り合うSiCどうしの結合が確認された。

【0045】実施例2

Si(100)面を成長用基板とし、この表面を熱酸化し、 $3\mu\text{m}$ の酸化膜(SiO_2 層)を形成した。熱酸化条件は表1と同じとした。熱酸化後に、フォトリソグラフィ技術を用いて熱酸化膜上に短辺 $1.25\mu\text{m}$ 、長辺 $3\mu\text{m}$ の矩形開口パターンをレジストにて形成した。ただし、複数の矩形開口パターンを設け、矩形開口パターンの辺と $\langle 110 \rangle$ 方位との交差角度をそれぞれ変化させた。この後、10%HF溶液中にて熱酸化膜の露出部をエッチングし、 $\langle 110 \rangle$ 方位との交差角度が異なる複数の矩形のSi露出部を形成した。レジストを過酸化水素と硫酸の混合液中で除去した後、SiCの成長を実施した。SiCの成長は、基板表面の炭化工程と、原料ガスの交互供給によるSiC成長工程に分けて行った。炭化工程では、アセチレン雰囲気中で上記加工済みの基板を室温から 1050°C まで120分間かけて加熱した。炭化工程の後に、 1050°C にてジクロルシランガスとアセチレンとを交互に基板表面に暴露して、SiCの成長を実施した。炭化工程の条件は表2と同じとし、SiC成長工程の詳細は表5に示す通りとした。

【0046】

【表5】

9

成 長 温 度	1050℃
ガスの供給方法	アセチレンとジクロルシランの交互供給
アセチレン流量	10 sccm
ジクロルシラン流量	10 sccm
各ガス供給のインターバル	5 sec
各ガスの供給時間	10 sec
最大圧力	100 mTorr
最低圧力	10 mTorr
ガス供給サイクル数	20000 回
SiC膜厚	2.0 μm

【0047】形成した矩形開口パターンの長辺と<110>方位との交差角度 θ (図2) に対する反位相領域境界面の濃度を測定したところ、表6に示す結果を得た。

【0048】

【表6】

交差角度 (度)	反位相領域境界面濃度 (cm^{-2})
0	0
15	27
30	164
45	1057
60	203
75	15
90	0

【0049】表6から、矩形開口パターンの辺が<110>方位に配向するに従い、反位相領域境界面の濃度が減少することがわかる。また、交差角度が $\pm 15^\circ$ 以内であれば反位相領域境界面の濃度は小さいことがわかる。

【0050】実施例3

直形3インチのSi(100)面を成長用基板とし、この表面を熱酸化し、3μmの酸化膜(SiO₂層)を形成した。熱酸化条件は表1と同じとした。熱酸化後に、フォトリソグラフィ技術を用いて熱酸化膜上に短辺1.25μmのラインアンドスペースをレジストにて形成した。ただし、ラインアンドスペースの辺は<110>方位に平行にした。この後、10%HF溶液中にて熱酸化膜の露出部をエッチングし、上記ラインアンドスペースのSi露出部を形成した。レジストを過酸化水素と硫酸の混合液中で除去した後、SiCの成長を実施した。SiCの成長は、基板表面の炭化工程と、原料ガスの交互供給によるSiC成長工程に分けて行った。炭化工程では、アセチレン雰囲気中で上記加工済みの基板を室温から1050℃まで120分間かけて加熱した。炭化工程の後に、1050℃にてジクロルシランガスとアセチレンとを交互に基板表面に暴露して、SiCの成長を実施した。炭化工程の条件は表2と同じとし、SiC成長工程の詳細は表5に示す通りとした。

10

【0051】反位相領域境界面の濃度を測定したところ、すべてのパターンについて反位相領域境界面の消滅を実現した電子素子が得られた。また、隣り合うSiCどうしが結合することはなかった。また、成長後の基板の反り量を633nmの干渉計を用いて測定し、そこからSiC膜の内部応力求めたところ、表7に示すように、ラインアンドスペースパターン状に形成したSiC膜に関して、著しい応力の低減が認められた。

20 【0052】

【表7】

パターン無し	520 MPa (引っ張り)
パターン有り	35 MPa (引っ張り)

【0053】比較例1

Si(100)面を成長用基板とし、この表面を熱酸化し、4000Åの酸化膜(SiO₂層)を形成した。熱酸化条件を表8に示す。

【0054】

【表8】

酸 化 方 法	水素気酸化
バブラー温度	80℃
バブリングガス	酸素
バブリングガス流量	0.5 slm
アルゴン流量	3 slm
圧 力	1 atm
酸 化 温 度	1100℃
酸 化 時 間	600 分

40 【0055】熱酸化後に、フォトリソグラフィ技術を用いて熱酸化膜上に短辺1.0μm、長辺1000μmの矩形開口パターンをレジストにて形成した。ただし、矩形開口パターンの辺は<110>方位に平行にした。この後、10%HF溶液中にて熱酸化膜の露出部をエッチングし、矩形のSi露出部を形成した。レジストを過酸化水素と硫酸の混合液中で除去した後、SiCの成長を実施した。SiCの成長は、基板表面の炭化工程と、原料ガスの交互供給によるSiC成長工程に分けられる。炭化工程では、アセチレン雰囲気中で上記加工済みの基板を室温から1050℃まで120分間かけて加熱

50

11

した。炭化工程の後に、1050℃にてジクロルシランガスとアセチレンとを交互に基板表面に暴露して、SiCの成長を実施した。炭化工程の条件は表2と同じと

12

し、SiC成長工程の詳細は表9に示す通りとした。
【0056】
【表9】

成長温度	1050℃
ガスの供給方法	アセチレンとジクロルシランの交互供給
アセチレン流量	10 sccm
ジクロルシラン流量	10 sccm
各ガス供給のインターバル	5 sec
各ガスの供給時間	10 sec
最大圧力	100 mTorr
最低圧力	10 mTorr
ガス供給サイクル数	1800 回
SiC膜厚	1.5 μm

【0057】以上の方法により、成長したSiC層断面の様子を図3に示し、このSiC層断面の走査型電子顕微鏡写真を図4及び図5に示す。これらの図面に示されたように、SiC層はSiO₂層上には成長せず、SiO₂から露出したSi面上に成長している。ただし、成長したSiC層はSiO₂層上を横方向にも成長し、互いに結合し合っている。そして、SiC層の結合部に予期せぬ面欠陥を導入している。したがって、SiCの膜厚が短辺の幅(1.0 μm)の√2倍以上であるにもかかわらず、反位相領域境界面濃度の低減はもたらされなかった。

【0058】以上実施例をあげて本発明を説明したが、本発明は上記実施例に限定されるものではない。

【0059】例えば、炭化珪素膜の成膜条件や膜厚等は実施例のものに限定されない。

【0060】また、成長用基板としては、例えば、炭化珪素、サファイヤなどの単結晶基板等を使用でき、マスク層としては、他に窒化珪素、アモルファスシリコンなどを使用できる。

【0061】珪素の原料ガスとしては、ジクロルシラン(SiH₂Cl₂)を使用したか、SiH₄、SiCl₄、SiHCl₃などを使用することもできる。また、炭素の原料ガスとしては、アセチレン(C₂H₂)を使用したか、CH₄、C₂H₆、C₃H₈などを使用することもできる。

【0062】なお、炭化珪素のエピタキシャル成長法と

しては、気相化学堆積(CVD)法の他に、液相エピタキシャル成長法、スパッタリング法、分子線エピタキシー(MBE)法などを使用することもできる。

【0063】

【発明の効果】以上説明したように本発明の炭化珪素の製造方法によれば、反位相領域境界面の低減又は消滅を確実に実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】炭化珪素の成長の様子を説明するための断面図である。

【図2】矩形開口パターンの長辺と<110>方位との交差角度を説明するための斜視図である。

【図3】比較例における成長したSiCの断面の様子を示す断面図である。

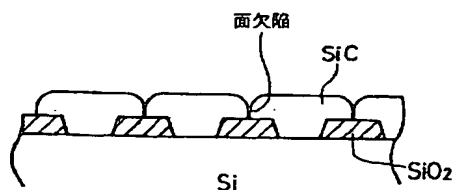
【図4】基板上に形成された微細パターンであるSiCの走査型電子顕微鏡写真である。

【図5】基板上に形成された微細パターンであるSiCの走査型電子顕微鏡写真である。

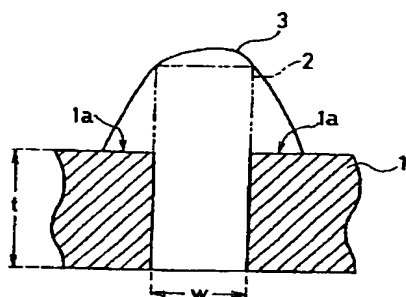
【符号の説明】

- 1 マスク層
- 1a 非成長領域
- 2 理論上の炭化珪素の成長面
- 3 実際の炭化珪素の成長面
- t 開口部の高さ
- w 開口部の幅

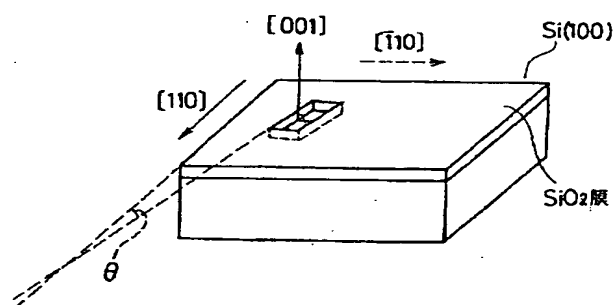
【図3】



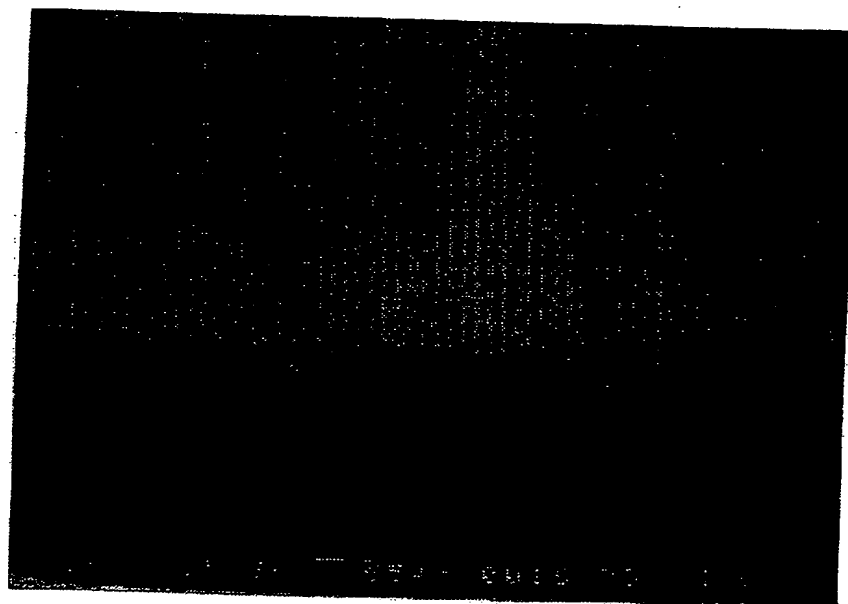
【図1】



【図2】

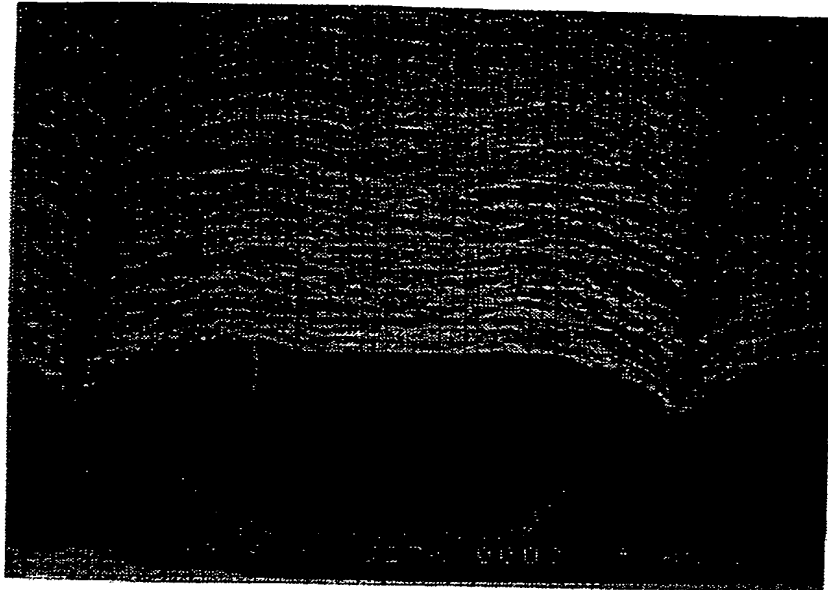


【図4】



図面代用写真

【図5】



図面代用写真